

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 13 895.1

**Anmeldetag:** 27. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Einrichtung zum Bestimmen der Position eines Werkzeugs und/oder einer Maschinenkomponente einer Werkzeug- oder Produktionsmaschine

**IPC:** B 23 Q, G 01 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 12. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Dzierzon", is placed over the typed name of the President.

## Beschreibung

Einrichtung zum Bestimmen der Position eines Werkzeugs und/oder einer Maschinenkomponente einer Werkzeug- oder Produktion 5 maschine

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Bestimmen der Position eines Werkzeugs und/oder einer kraftbelasteten Maschinenkomponente einer Werkzeug- oder Produktionsmaschine, 10 wobei das Werkzeug oder die Maschinenkomponente über eine Traverse zwischen zwei verfahrbaren Auflegern angeordnet ist.

Zweidimensionale Positioniermaschinen werden oft mit Gantry-Antrieben ausgeführt. Dabei erfolgt die Krafteinleitung in 15 die beiden Enden eines Querbalkens, der im folgenden auch als Traverse bezeichnet wird. Wenn relativ schlecht gedämpfte Materialien, z.B. Stahl oder Aluminium, zur Ausbildung des Querbalkens verwendet werden, führt dies bei dessen Beschleunigung im Falle von relativ langen Querbalken zu einer Durchbiegung bzw. zu niederfrequenten Schwingungen mit relativ 20 großer Amplitude. Die Durchbiegung führt zu einem dynamischen Schleppfehler am Tool-Centre-Point (TCP). Wenn man diese Durchbiegung allerdings dynamisch messen kann, ist es möglich, Gegenmaßnahmen einzuleiten, z.B. kann dann mit Hilfe eines zusätzlichen Antriebs am TCP die jeweilige Abweichung 25 kompensiert werden. Diese Maßnahme ist aus der DE 101 56 781 C1 bekannt. Auch wenn ein derartiger Zusatzantrieb nicht vorgesehen ist oder wenn auch ein regelnder Einfluss auf die Gantry-Antriebe nicht vorgenommen wird, so kann es dennoch 30 auch im Interesse von Qualitätssicherungsuntersuchungen von Interesse sein, die resultierende Durchbiegung ständig und hochgenau zu messen.

Mit hochgenauen aufwendigen Messmitteln kann insbesondere 35 während einer Einrichphase die Durchbiegung und das Schwingungsverhalten bestimmt werden. Aus Kostengründen ist ein dauerhafter Verbleib derartiger Messmittel an der Maschine

nicht tragbar. Es wäre nun zwar denkbar, dass in der Nähe des TCP eine maschineninterne relativ genau arbeitende Messeinrichtung vorgesehen ist, die gegenüber fixen Punkten außerhalb der Maschine ständig Distanzmessungen vornimmt, jedoch ist dabei die auszumessende Distanz im Regelfall recht groß und damit die zu erzielende Auflösung gering. Auch könnte der Strahlengang leicht durch störende Einflüsse beeinflusst werden.

10 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Maßnahme zu finden, mit der eine technisch einfache und dennoch hochgenaue Bestimmung der Durchbiegung der Traverse erreichbar ist.

15 Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe für eine Einrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass zwischen den Auflegern zusätzlich eine formstarre Hilfstraverse gehalten ist und dass mittels einer mit der Traverse verbundenen berührungslosen Messanordnung die beschleunigungskraft-, gewichtskraft- und/oder prozesskraftabhängige Auslenkung der 20 Traverse zur Hilfstraverse bestimbar ist.

Die Hilfstraverse sollte dabei möglichst dicht gegenüber der eigentlichen Traverse angeordnet sein.

25 Eine erste vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfstraverse als Karbonverbundwerkstofflineal ausgebildet. Damit wird zum einen die Masse der Hilfstraverse gering gehalten und dennoch ist eine große Steifigkeit in Verfahrrichtung gewährleistet.

30 Dadurch, dass die Messanordnung in der unmittelbaren Nähe des Werkzeugs bzw. der Maschinenkomponente angeordnet ist, wird auch bei verschiedener Positionierung des TCP entlang der Traverse dennoch fortlaufend eine Durchbiegungserfassung möglich.

Dadurch, dass als Messanordnung ein Lasertriangulationsmessgerät vorgesehen ist, ergibt sich eine kostengünstige und dennoch hochgenaue Messmöglichkeit.

5 Es ist aber auch möglich, dass die Messanordnung induktiv oder kapazitiv messend ausgebildet ist und dass dabei die Hilfstraverse eine metallische Oberfläche aufweist. Damit lässt sich eine gegenüber einem Lasertriangulationsmessgerät zwar etwas weniger genau messende Einrichtung schaffen, die  
10 jedoch den Vorteil einer extremen Kostengünstigkeit hat.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert.

15 Dabei ist in Form einer Prinzipdarstellung gezeigt, dass ein erstes Auflager A1 und ein zweites Auflager A2 bidirektional auf der Übersichtlichkeit halber nicht gezeigten Führungselementen verfahren werden können. Die Verfahrrichtung ist dabei durch Doppelpfeile angedeutet. Zwischen dem Auflager A1 und  
20 dem Auflager A2 ist als Querbalken eine Traverse T1 vorgesehen, an der eine Maschinenkomponente MK befestigt ist. Hierbei kann es sich beispielsweise um einen Werkzeugaufnehmer oder ähnliches handeln. Unmittelbar an der Maschinenkomponente MK befindet sich eine Messanordnung MA, die berührungslos in der Verfahrrichtungssachse einen Messstrahl aussendet, der durch eine feine doppelte Linie angedeutet ist. Dieser misst berührungslos den Abstand zu einer Hilfstraverse HT1, die gelenig ebenso wie die Traverse T1 auf dem Auflager A1 und auf  
25 dem Auflager A2 angeordnet ist. Bei dieser Hilfstraverse HT1 kann es sich um ein Lineal aus Karbonverbundwerkstoff handeln, das in Verfahrrichtung eine sehr hohe Steifigkeit aufweist und damit nicht wie die Traverse T1 durch Verfahrbewegungen oder Beanspruchungen der Maschinenkomponente MK ausgelenkt wird. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Darstellung die Durchbiegung der Traverse T1 überzeichnet, um  
30 das Erfindungsprinzip besser zu verdeutlichen.

In der Darstellung gemäß FIG 2 sind durch Kreise Auflager A3 und A4 angedeutet. Zwischen diesen befindet sich eine durch einen Bogen wiederum symbolisierte Traverse T2 und zusammenfallend mit den Auflagern A3 und A4 ist eine Hilfstraverse

5 HT2 angenommen. Es möge nun die Lage der Auflager A3 und A4 als  $Y_1$  und  $Y_2$  gegenüber einem Bezugsort (durch waagerechte Schraffur angedeutet) angenommen sein, wobei diese Lage jeweils durch direkte Geber an den der Übersichtlichkeit nicht gezeigten Antriebe hochgenau erfassbar ist. Wenn nun noch die  
 10 Entfernung des Tool-Centre-Points TCP (durch einen gekreuzten Kreis symbolisiert) gegenüber dem Auflager A3 als Größe X bekannt ist und auch der Abstand l (gestrichelt dargestellt) zwischen den Verfahrachsen vorgegeben ist, reicht eine bloße Messung vom Tool-Centre-Point TCP in Richtung der Verfahrachsen auf die Hilfstraverse HT2, d.h. einen dortigen Punkt S, aus, um die Auslenkung  $Y_s$  zu bestimmen wird.  $Y_s$  ist dabei der Abstand zwischen Tool-Centre-Point TCP und dem Punkt S. Vereinfachend wird dabei angenommen, dass die Sehnenlänge, d.h. die Länge der Hilfstraverse HT2, gleich der Bogenlänge der  
 15 Traverse T2 ist. Wenn die Durchbiegung im Verhältnis zum Abstand zwischen den Verfahrachsen relativ klein ist, kann diese Vereinfachung problemlos angewendet werden. Die Lage des Tool-Centre-Points TCP in Y-Richtung kann damit inertial durch Messung des Abstandes zwischen Tool-Centre-Points TCP und Punkt S bestimmt werden. Es ergibt sich folgende Beziehung  
 20

25

$$Y_{TCP} = \frac{X}{l} \cdot \text{abs}(Y_1 - Y_2) + \min(Y_1; Y_2) - Y_s$$

30 Bereits eingangs wurde darauf hingewiesen, dass die Hilfstraverse HT1 bzw. HT2 in Normalenrichtung extrem steif sein sollte. Dies kann zum einen durch Verwendung eines Werkstoffes erreicht werden, der in Bezug auf sein Gewicht eine sehr hohe Steifigkeit aufweist, wie dies für Verbundwerkstoff mit  
 35 Kohlefasern gegeben ist, zum anderen kann eine entsprechende Geometrie für ausreichende Steifigkeit sorgen. Die Biegestei-

figkeit ist proportional zum Flächenträgheitsmoment zweiter Ordnung des Querschnitts. Für ein rechteckiges Profil der Höhe  $h$  und der Breite  $b$  ist das Flächenträgheitsmoment (in Richtung der Breite)  $I_0 = h * b^3 / 12$ . Der Referenzbalken sollte

5 also so niedrig und so breit wie möglich sein. Die Anforderungen an die Fluchtung des Referenzbalkens können minimiert werden, wenn vor Betrieb der Maschine eine Referenzfahrt in X-Richtung ohne Anregung in Y-Richtung erfolgt. Die erreichbare Genauigkeit hängt dann im wesentlichen von folgenden

10 Faktoren ab

- Genauigkeit der Lagebestimmung an den Auflagern,
- Schwingungen zwischen den Geben und den Auflagern des Referenzbalkens, d.h. der Hilfstraverse,
- 15 - Längenänderung des elastischen Querbalkens, d.h. der Traverse,
- Genauigkeit der Lager des Referenzbalkens und
- Genauigkeit des Sensors zwischen Werkzeug, z.B. Schneidkopf und Referenzbalken.

20

Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße Prinzip auch an Maschinen mit mehr als einem Werkzeug oder anderweitig belasteten Maschinenelementen vorgesehen sein.

25

Im Zuge einer Referenzfahrt ist es im Übrigen auch möglich, zunächst statische Fehler des Referenzbalkens zu vermessen und in einer Tabelle zum anschließenden Kompensieren zu hinterlegen.

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Bestimmen der Position eines Werkzeugs und/oder einer kraftbelasteten Maschinenkomponente einer Werkzeug- oder Produktionsmaschine, wobei das Werkzeug oder die Maschinenkomponente über eine Traverse zwischen zwei verfahrbaren Auflagern angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Auflagern (A1, A2 bzw. A3, A4) zusätzlich eine formstarre Hilfstraverse (HT1, HT2) gehalten ist und dass mittels einer mit der Traverse (T1, T2) verbundenen berührungslosen Messanordnung (MA) die beschleunigungskraft-, gewichtskraft- und/oder prozesskraftabhängige Auslenkung der Traverse (T1, T2) zur Hilfstraverse (HT1, HT2) bestimmbar ist.
- 15 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfstraverse (HT1, HT2) als Karbonverbundwerkstofflineal ausgebildet ist.
- 20 3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messanordnung (MA) in der unmittelbaren Nähe des Werkzeugs bzw. der Maschinenkomponente (MK) angeordnet ist.
- 25 4. Einrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Messanordnung (MA) ein Lasertriangulationsmessgerät vorgesehen ist.
- 30 5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Messanordnung (MA) induktiv oder kapazitiv messend ausgebildet ist und dass dabei die Hilfstraverse (HT1, HT2) eine metallische Oberfläche aufweist.

## Zusammenfassung

Einrichtung zum Bestimmen der Position eines Werkzeugs  
und/oder einer Maschinenkomponente einer Werkzeug- oder Pro-  
5 duktionsmaschine

Es wird eine Einrichtung zum Bestimmen der Position eines  
Werkzeugs und/oder einer kraftbelasteten Maschinenkomponente  
(MK) einer Werkzeug- oder Produktionsmaschine vorgeschlagen,  
10 bei der ein Werkzeug oder eine Maschinenkomponente (MK) über  
eine Traverse zwischen zwei verfahrbaren Auflagern (A1, A2,  
A3, A4) angeordnet ist. Dabei ist zwischen diesen zusätzlich  
eine formstarre Hilfstraverse (HT1, HT2) gehalten. Mittels  
einer mit der Traverse (T1, T2) verbundenen berührungslosen  
15 Messanordnung (MA) wird die beschleunigungskraft-, gewichts-  
kraft- und/oder prozesskraftabhängige Auslenkung der Traverse  
(T1, T2) zur Hilfstraverse (HT1, HT2) bestimmt.

FIG 1

FIG 1

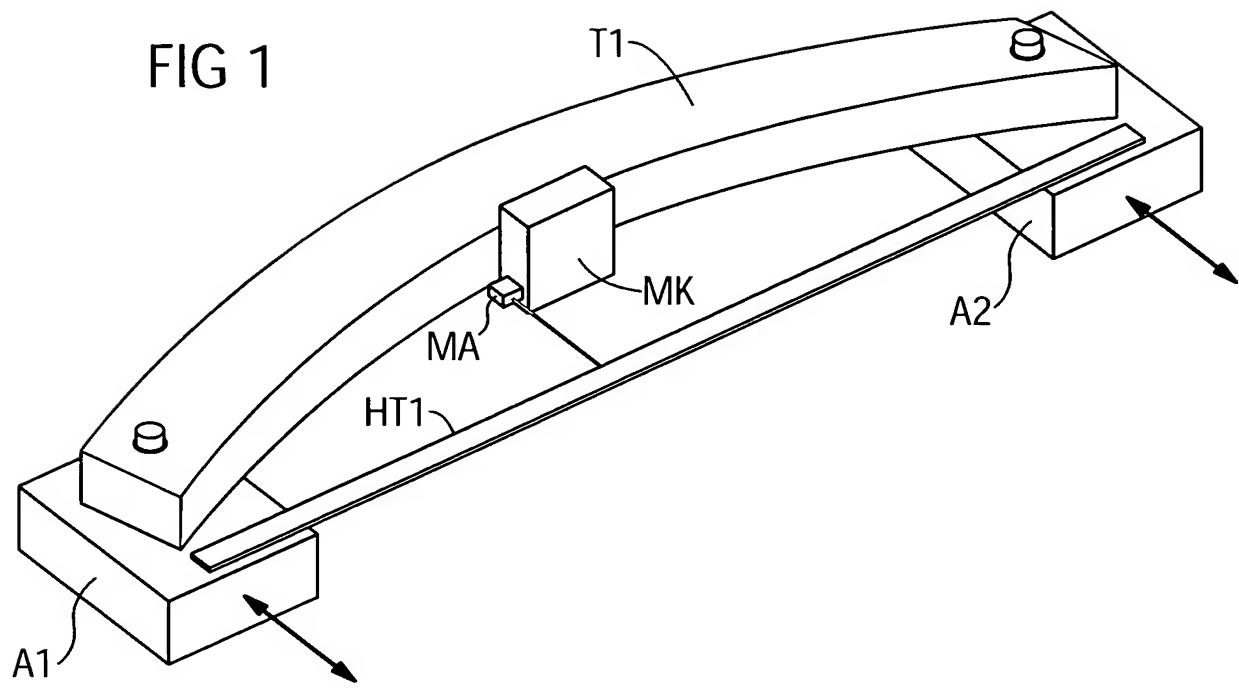


FIG 2

